

文章编号: 1009-6000(2023)10-0113-06
中图分类号: X321 文献标识码: B
doi: 10.3969/j.issn.1009-6000.2023.10.016

基金项目: 国家重点研发计划“污染场地风险管控机制与经济政策技术体系研究”(2020YFC1807500)。

作者简介: 刘碧云, 南京工业大学经济与管理学院, 教授;
王令杰, 南京工业大学经济与管理学院, 硕士生;
杜芸, 通信作者, 南京工业大学经济与管理学院, 副教授;
张家峰, 南京工业大学经济与管理学院, 副教授。

全生命周期视角下城市污染地块修复PPP模式风险评价研究

Research on Risk Prevention and Control of PPP Mode of Urban Polluted Plot Remediation from the Perspective of the Whole Life Cycle

刘碧云 王令杰 杜芸 张家峰

LIU Biyun WANG Lingjie DU Yun ZHANG Jiafeng

摘要:

在绿色可持续发展战略背景下, 城市污染地块的风险防控已然成为城市转型发展过程中的巨大挑战。通过梳理相关研究文献, 结合专家访谈, 将风险来源归纳为政策、技术、管理、市场、信用和环境6个维度, 筛选出18个PPP模式风险因素。通过构建全生命周期风险评价指标体系, 分析并确定城市污染地块修复PPP项目过程中的关键性因素, 对风险权重基于全生命周期阶段进行划分。研究表明: 应重点关注法律法规及政策的变动、政府信用风险、市场需求变化风险、地方政府区域规划要求调整等风险的发生; 在城市污染地块修复PPP项目中, 需要重点针对项目的立项、运维阶段实施风险管控工作; 要求项目参与方做好信用预估工作、重视市场需求预测工作等对项目的数据支持, 并时刻关注法律法规以及政策的变动, 以降低此类风险对项目产生的不良影响。

关键词:

城市污染地块; 场地修复; PPP模式; 全生命周期; 风险评价

Abstract: Under the backdrop of a green and sustainable development strategy, the risk prevention and control of urban polluted sites have evidently become a significant challenge in the urban transformation and development process. By reviewing related research literature and incorporating expert interviews, risk sources were categorized into six dimensions: policy, technology, management, market, credit, and environment, from which eighteen risk factors under the PPP (Public-Private Partnership) model were distilled. Through constructing a full lifecycle risk evaluation index system, the study pinpoints key factors in the PPP project process for the remediation of urban polluted sites and allocates risk weights based on different lifecycle stages. The findings emphasize the importance of monitoring changes in laws, regulations, and policies, being wary of government credit risks, and acknowledging market demand change risks and adjustments to local government regional planning requirements. Furthermore, during the urban polluted site remediation via the PPP model, risk management should be prioritized during the project initiation and operation and maintenance stages. It's imperative for stakeholders to engage in credit forecasting, prioritize market demand predictions, and consistently monitor legal and policy shifts, ensuring that projects can proactively mitigate potential adverse impacts.

Key words: urban polluted plots; site rehabilitation; PPP mode; full life cycle; risk assessment

0 引言

绿色发展理念作为我国新发展理念之一, 它的提出使得场地修复行业

成为环境修复领域的一大热点, 进一步推动了我国污染场地修复行业的发展。随着城市人口用地需求的增加,

污染地块的修复与再利用成为城市规划中的重要一环。同时，土壤污染防治成本高、周期冗长以及易造成二次污染等弊端，使得土壤污染风险防控俨然成为修复过程中的巨大挑战。

PPP (Public-Private-Partnership) 模式，即政府和社会资本合作，自2014年全面推广以来，一直在我国项目建设中占据重要地位。2018年，随着生态环境部提出的EOD模式 (Ecology-Oriented Development, 即生态环境导向的开发模式) 的兴起，PPP模式作为EOD最主要的落地方式，在城市污染地块修复再利用领域的重要性再次彰显。

城市污染地块修复风险防控相关研究发展历程较长，迪布 (Deeb) 等的研究表明，美国在早期场地治理项目中，土壤污染风险管控通常用作修复未达到预期修复目标时或修复失效时的“最后补救措施”^[1]。李云祯等也同样认为国外早期对风险管控技术的定义相对比较狭隘，仅适合作为场地治理修复的补充手段来使用^[2]。李发生等率先针对我国污染地块的环境管控现状做出了梳理，指出污染场地修复仍存在底数不清、责任难以界定、资金来源无法保障、监管防控体系亟待健全等问题，认为应高度重视污染场地再利用风险管控^[3]；李进军等利用模糊聚类思想建立了评价指标集，采用层次分析法将污染场地风险等级进行划分，构建基于不确定信息的污染场地风险集对分析模型，为场地污染风险等级划分提供了新的方法^[4]。同年，奥西亚尼亚克等通过对1999年至2010年期间有关可持续性修复发展研究的整理比较，指出了在对污染场地修复全生命周期管控的研究当中仍然存在功能单元界定不完整、主要影响因子未量化、次要影响因子不全面等问题，并说明了这些因素是如何产生误导性结论^[5]。李志涛等从厘清、明确污染地块监管责任、建立污染地块风险管控制度等方面提出了具体对策，为我国城市污染地块风险管控制度的研究奠定了基础^[6]；陆文婷则在此基础上，依据污

染场地来源以及污染类型，对污染场地所存在的主要风险进行了划分^[7]。李云祯等全面系统地总结了国内外主要风险管控技术的利弊，拓宽了土壤污染风险管控的定义，是国内首批将风险管控技术与管理制度剥离的奠基性研究之一^[2]。此后，我国污染场地风险管控的重心逐步偏向以场地管理等技术为核心的研究，但在此类潮流中，也有部分学者以创新性思维，将大数据、机器学习等先进技术及理论融入场地修复风险管控的决策。王夏晖等将大数据引入污染场地风险管控，借用其全样本覆盖、全景式决策等优势，提出了大数据支持污染场地风险管控的总体技术决策^[8]；张秋全等则基于238个污染场地修复案例，利用案例推理和机器学习的方法，构建污染场地风险管控与修复方案推荐系统，依据K最近邻算法和层次分析法，提供相似度最高的3个案例，以供决策者参考^[9]。

从国内外现有研究来看，污染场地修复风险管控的研究多聚焦于污染场地土质修复阶段，且研究内容重点集中在修复阶段的工程技术风险评估，而反观PPP模式作为多方参与的多阶段开发模式，合作过程中所产生的投融资风险却鲜有被考虑在内，故本文以城市污染地块修复PPP模式为主要对象，从全生命周期视角切入，针对各阶段活动进行风险识别和评估，重点分析修复过程中可能存在的各类风险及其危害，利用层次分析法确定综合权重、进行风险评价，由此为污染场地修复项目的规划和实施提供相应的风险防控建议。

1 风险因素识别及指标体系构建

为全面、精确地把握城市污染地块修复过程中所面临的各类风险，有效地针对各阶段实施具体的风险管理，本研究通过文献阅读以及资料搜集，参考了国内外50余篇污染场地修复PPP项目的风险因素按照风险类别归纳为政策、技术、管理、市场、信用和环境6个准则层指标^[14-67]，形成初步的风险因素表 (表1)，归纳整理了

18个对应的风险因素指标。

通过对以上PPP模式风险清单的梳理，以专家访谈、实地调研的方式，走访了北京、南京、黄山等多地的城市污染地块修复项目，根据全生命周期各阶段对上述风险因素进行分类，初步形成风险评价指标体系 (图1)。

2 构建风险评价指标体系

由于污染治理与生态开发PPP模式涉及污染者、政府、开发商和当地居民等众多主体^[68]，而其较长的建设周期、复杂的合同关系，也共同导致了污染场地PPP项目风险错综复杂^[69]。然而，风险管理理论认为，不是所有风险都需要加以解决的，实际情况下资源与风险承担能力的有限性进一步肯定了风险评估排序的必要性^[70]，优先处理那些对项目具有严重影响的危险，以降低项目的风险应对成本并有效地实施风险管控显得尤为重要。

2.1 建立梯阶层次结构评价指标体系及一级判断矩阵

根据污染场地PPP模式风险评价指标体系，确定该项目的梯阶层次结构，并将其分为目标层、准则层和指标层，分别对应风险评价指标体系的目标层、一级评价指标和二级评价指标。

对于污染场地PPP模式风险因素表中的准则层进行两两比较，并根据其对污染场地修复过程中的影响程度，

表1 城市污染场地PPP模式风险因素表

准则层	指标层
政策风险R ₁	法律、法规及政策变动风险R ₁₁ ^[14]
	地方政府区域规划调整风险R ₁₂ ^[14-19]
技术风险R ₂	审批延误风险R ₁₃ ^[14,20-26]
	项目可行性风险R ₂₁ ^[27-28]
管理风险R ₃	项目设计风险R ₂₂ ^[14,27,29-31]
	工程技术、建造工艺风险R ₂₃ ^[14,32]
市场风险R ₄	管理决策风险R ₃₁ ^[33-35]
	信息传递风险R ₃₂ ^[36-38]
信用风险R ₅	运营效率风险R ₃₃ ^[20,39-41]
	市场需求变化风险R ₄₁ ^[14,20,42-44]
环境风险R ₆	缺乏市场调研R ₄₂ ^[45-47]
	市场机制不健全R ₄₃ ^[48-50]
环境风险R ₆	政府信用风险R ₅₁ ^[20,51,56]
	投资方信用风险R ₅₂ ^[57,59]
环境风险R ₆	融资方信用风险R ₅₃ ^[60-61]
	不可抗力R ₆₁ ^[14,20,62,64]
环境风险R ₆	社会环境不稳定R ₆₂ ^[65,67]
	公众反对风险R ₆₃ ^[14,20]

采用9分制标度法进行评定打分,记 a_{ij} 为*i*元素对比*j*元素的重要性等级^[71],表2列出了9个重要性等级及赋值。

通过专家打分的形式,对每个层级的指标进行两两比较打分,得出一级判断矩阵*M*。

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{ni} & \cdots & a_{nj} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2 数据处理

为使得打分形式获得的多份数据统一成为最终的判断矩阵,需对其进行锐化处理(图2)。

①将每份数据打分的分值依据表3拆解为上界和下界两个值。

②将所有数据下界值相加求平均值得到Min直接影响矩阵 O_{min} ,上界值相加求平均值得到Max直接影响矩阵 O_{max} 。

$$O_{max} = (u)_{n \times n} \quad (2)$$

$$O_{min} = (v)_{n \times n} \quad (3)$$

结合风险指标的上界和下界矩阵,对原始矩阵进行锐化,其计算方法如下:

$$\tilde{u}_{ij} = \frac{u_{ij} - \text{Min}(u_j)}{\text{Max}(u_j) - \text{Min}(v_j)} \quad (4)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \frac{\tilde{v}_{ij} - \text{Min}(v_j)}{\text{Max}(u_j) - \text{Min}(v_j)} \quad (5)$$

$$y_{ij} = \frac{\tilde{v}_{ij}(1 - \tilde{v}_{ij}) + \tilde{u}_{ij}^2}{1 - \tilde{v}_{ij} + \tilde{u}_{ij}} \quad (6)$$

$$s_{ij} = y_{ij}[(\text{Max}(u_j) - \text{Min}(v_j))] + \text{Min}(v_j) \quad (7)$$

式中, \tilde{u}_{ij} 、 \tilde{v}_{ij} 分别表示上下界矩阵中的归一化值, s_{ij} 为锐化矩阵中风险因素*i*对风险因素*j*的锐化评分。

由于在前文数据处理时,将风险因素的自身影响归为0,所以矩阵主对角线值即为每行最小值,即 $\text{Min}(u_j) = \text{Min}(v_j) = 0$ 。故上述公式可简化为:

$$\tilde{u}_{ij} = \frac{u_{ij}}{\text{Max}(u_j)} \quad (8)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \frac{\tilde{v}_{ij}}{\text{Max}(u_j)} \quad (9)$$

$$y_{ij} = \frac{\tilde{v}_{ij}(1 - \tilde{v}_{ij}) + \tilde{u}_{ij}^2}{1 - \tilde{v}_{ij} + \tilde{u}_{ij}} \quad (10)$$

$$s_{ij} = y_{ij}(\text{Max}(u_j)) \quad (11)$$

通过合并运算,最终的锐化矩阵解法可简化为:

$$s_{ij} = \frac{v_{ij} \text{Max}(u_j) - v_{ij}^2 + u_{ij}^2}{\text{Max}(u_j) - v_{ij} + u_{ij}} \quad (12)$$

③在得到风险指标的锐化矩阵后,将主对角线重新赋值为1,并根据先

前9分制标度法的赋值原理,使矩阵内对于 $V S_{ij}$ 都满足:

$$S_{ij} \times S_{ji} = 1 \quad (13)$$

即可得到最终风险因素评价判断矩阵。

2.3 风险因素综合权重的计算

运用方根法对处理后的风险因素评价判断矩阵数据进行计算。

$$W_i = \frac{\sqrt[n]{\sum_{i=1}^n W_i}}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (14)$$

$$W = \begin{Bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{Bmatrix} \quad (15)$$

式中, W_i 为风险因素*i*的指标权重, W 为矩阵的特征向量。求得该矩阵的最大特征值 λ_{max} ,并对矩阵进行一致性检验,计算出一致性指标:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (16)$$

式中, n 为矩阵阶数。

通过查表得到平均随机一致性指标RI,并通过一致性检验判别式:

$$CR = CI / RI \quad (17)$$

若 $CR < 0.1$,则该矩阵满足一致性。

通过上述方法,计算得出各一级指标下,指标层权重集合 I_i 。

在完成各指标层矩阵的一致性检验后,根据已得出的一级、二级指标权重,计算得出各指标层对目标层的综合权重。计算方式如下:

$$C_i = R_i \times I_i \quad (18)$$

式中, C_i 是准则层 R_i 下各二级指标 R_{ij} 对目标层的综合权重集合, R_i 是准则层 R_i 的权重值, I_i 是指标层权重集合。

3 实证分析

3.1 研究对象概况

竹埠港工业区位于湘潭市岳塘区

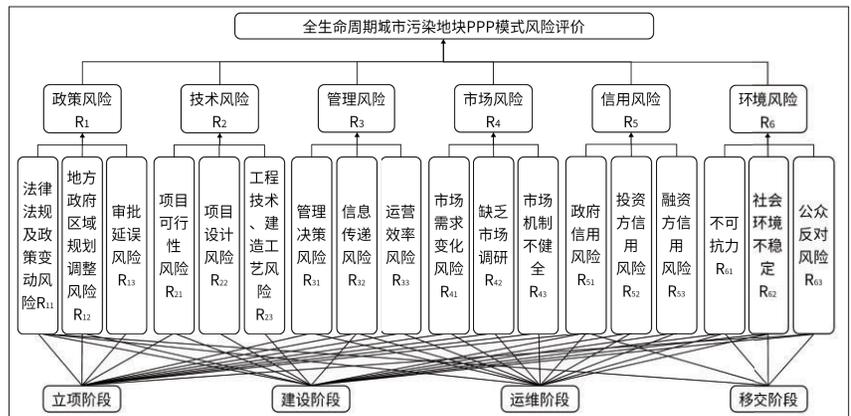


图1 全生命周期城市污染地块PPP模式风险评价指标体系

表2 影响因素对比重要性等级以赋值标准

序号	重要性等级	a_{ij} 赋值
1	i和j两元素同样重要	1
2	i元素比j元素稍重要	3
3	i元素比j元素明显重要	5
4	i元素比j元素强烈重要	7
5	i元素比j元素极端重要	9
6	两相邻判断的中间值	2, 4, 6, 8
7	两项指标的反比较	1/ a_{ji}

表3 上下界拆解赋值表

值域	9分制	下界	上界
0	1	0	0
(0,1]	2	0	1
(1,2]	3	1	2
...
(6,7)	8	6	7
7	9	7	7

注:此处对于1分以下的打分处以归0处理,在后续仍遵循9分制打分法在相应位置借助倒数进行赋值。

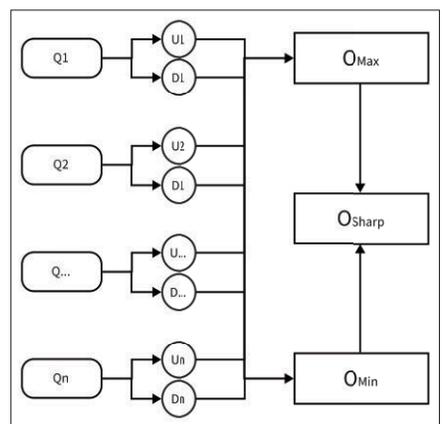


图2 判断矩阵锐化流程

东城片，是湘江河畔一座历史悠久的老工业化工基地，同时也是国家级14个精细化工基地之一。随着园区的发展，以冶金化工为主要生产链的26家化工企业，由于生产工艺与技术落后、污染物处理水平低、环保意识不足等引发了严重的污染问题^[72]。2011年，国务院批准的《湘江流域重金属污染治理实施方案》一文中，竹埠港工业区被列为重点治理区域之一（图3，图4）。

竹埠港工业区污染治理与生态开发PPP项目是采用新型污染治理模式的示范项目，又被称作土壤修复PPP项目“岳塘模式”，该项目通过“土壤修复+土地流转”为核心的PPP模式，社会资本与地方政府通过服务协议缔结合作，成立合资公司负责区域厂房拆除、遗留污染处理、土壤治理的工作，政府方则通过修复后的土地增值收益为参与各方提供回报。

政府与企业共同组建湘潭竹埠港生态环境治理投资有限公司作为竹埠港重金属污染综合整治项目的投资和实施平台。合资公司初始注册资本1亿元，其中，湘潭发展投资有限公司出资6500万元，持股65%，湖南永清投资集团有限公司出资3500万元，持股35%。项目结束后，湖南永清投资集团有限公司于2019年4月撤股退出企业，将项目公司股份转让给政府投资平台，实现盈利退出。2020年2月，在《湘潭市竹埠港新区控制性详细规划》一文中，竹埠港工业区原址划入新区“城绿互融、混合高效”的用地布局。

3.2 数据分析

针对竹埠港工业区污染治理与生态开发PPP项目进行风险评价指标体系的构建，通过填写调查问卷的方式，向立项、建设、运维、移交阶段涉及的各方利益相关者发放问卷，共发放239份，有效问卷200份，有效率83.7%。基于上文中所示的18个风险因素指标，构建竹埠港工业区污染治理与生态开发PPP项目风险因素判断矩阵，并计算各级指标所占权重，在通过一致性检验后，形成表4。

3.3 结果分析

根据前文计算得出的综合权重结果，对各风险因素进行排序。

从总体上来看，在竹埠港工业区污染治理与生态开发PPP项目实施的全生命周期过程中，政策风险、信用风险在6类风险中权重占比最高，约共占总权重的56%，而PPP项目主要资金来源为中央土壤污染防治专项资金及社会资本投资，项目推进的顺利与否很大程度上受限于土地政策及各方资金涌入情况，故实证结果与实际情况相符，有较高可信度。

从全生命周期来看，建设和运维阶段所涉及的风险种类最多、范围最广，需要各方共同参与防范，而综合权重位于前四的法律、法规及政策变动风险、政府信用风险、市场需求变化风险、地方政府区域规划调整风险均出现在生命周期的第一阶段，需要由该阶段的主要参与方——政府相关部门重点把控。若假定某一风险在其可能发生的各阶段所占权重一致，则

可获得全生命周期风险评价指标权重表（表5）。其中立项、运维、建设阶段风险指标权重分别占据了总体的0.32、0.28及0.25，明显高于移交阶段，应是PPP项目的重点防范阶段。

从具体来看：

政策风险权重约占总体的1/3，其指标层中法律、法规及政策变动风险综合权重为18.53%，且该风险跨越项目从立项到移交的全生命周期，故任何有关项目土地及资金政策的变动都将极大程度地影响PPP项目的推进，社会资本应重视与政府部门的交流与沟通，时刻关注国家土壤政策走向，以期能有足够的时间实施调整，降低风险带来的损失；相比之下，地方政府区域规划调整风险虽占总比的9.36%，但其主要存在于项目生命周期的前两个阶段，若立项及建设初期区域规划性质发生改变，应通过改建等方式减少损失，且随建设进度的推进，该风险带来的影响逐步增大。

信用风险权重占比23.16%，是



图3 竹埠港区位图

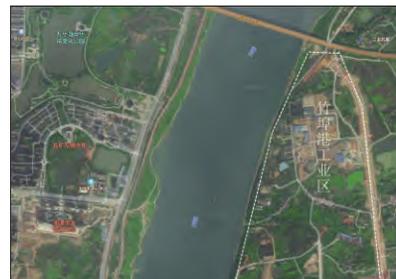


图4 竹埠港工业区卫星图

表4 基于AHP各级风险评价指标权重

准则层	权重 R_i	指标层	权重	综合权重	排序
政策风险 R_1	0.3286	R_{11}	0.5638	0.1853	1
		R_{12}	0.2849	0.0936	4
		R_{13}	0.1513	0.0497	7
技术风险 R_2	0.0806	R_{21}	0.5321	0.0429	9
		R_{22}	0.3180	0.0256	13
		R_{23}	0.1499	0.0121	18
管理风险 R_3	0.1191	R_{31}	0.5274	0.0628	6
		R_{32}	0.3019	0.0360	11
		R_{33}	0.1707	0.0203	16
市场风险 R_4	0.1672	R_{41}	0.5620	0.0940	3
		R_{42}	0.2856	0.0478	8
		R_{43}	0.1524	0.0255	14
信用风险 R_5	0.2316	R_{51}	0.5267	0.1220	2
		R_{52}	0.3178	0.0736	5
		R_{53}	0.1555	0.0360	11
环境风险 R_6	0.0730	R_{61}	0.5280	0.0385	10
		R_{62}	0.3055	0.0223	15
		R_{63}	0.1665	0.0122	17

PPP项目中较为重要的一类风险。多方参与下,各方信用程度决定了项目能否拥有稳定的资金流入,关系到项目能否按时按质地进行。因此,各地政府可通过建立信用信息平台,建档记录行业内各类社会资本的信用评级,以降低PPP项目信用风险出现概率;同时该指标层下,政府信用风险远高于投、融资方信用风险,若地方政府出现信用危机,则在较长时间内难以对项目进行融资,阻碍当地经济的进一步发展(图5)。

4 结论

结合层次分析法构建了污染场地PPP模式风险评价指标体系,围绕全生命周期对整个PPP项目的风险因素做出了重要性等级评估。研究结论具有一定的代表性,对污染场地PPP模式的风险管控工作具有一定的借鉴意义。

在以“岳塘模式”为实例的风险管控体系中,政策风险和信用风险在6类风险中权重占比最高,高度符合现有PPP模式的实际特征。故在PPP项目运行过程中,需要重点关注法律、法规及政策的变动,强化政府与社会资本的沟通,建立并完善社会资本信用评级信息库,做好相应的风险防范措施及应急预案,以保证PPP项目的顺利推进。

围绕立项、建设、运维、移交4

个阶段,深入分析了城市污染地块PPP项目全生命周期中的风险分布情况,既体现了评估过程的系统性,又为PPP项目风险防控的实施提供了针对性和灵活性,适用于污染场地的风险评估工作,可为污染场地风险管控提供参考依据。

参考文献:

[1] DEEB R A, HAWLEY E L. Alternative endpoints and approaches for the remediation of contaminated groundwater at complex sites-13426[C]//WM Symposia, 1628 E. Southern Avenue, Suite 9-332, Tempe, AZ 85282 (United States), 2013.
 [2] 李云祯,董荐,刘妹媛,等.基于风险管控思路的土壤污染防治研究与展望[J].生态环境学报,2017,26(6):1075-1084.
 [3] 李发生,张俊丽,姜林,等.新型城镇化应高度关注污染场地再利用风险管控[J].环境保护,2013,41(7):38-40.
 [4] 李进军,单红仙,潘玉英,等.基于层次分析与集对理论的城市污染场地风险等级划分[J].环境工程,2013,31(1):89-94.
 [5] MIKOŁAJ O, GITTE L, ZWICKY M H, et al. Assessing environmental sustainability of remediation technologies in a life cycle perspective is not so easy[J]. Environmental science & technology,2013,47(3):1182-1183.
 [6] 李志涛,王夏晖,高彦鑫,等.污染地块环境风险管控对策研究[J].环境保护科学,2016,42(4):40-42.

[7] 陆文婷.基于风险管控思路的污染场地修复研究[J].安徽农学通报,2016,22(16):65-67.
 [8] 王夏晖,黄国鑫,朱文会,等.大数据支持场地污染风险管控的总体技术策略[J].环境保护,2020,48(19):64-66.
 [9] 张秋垒,黄国鑫,王夏晖,等.基于案例推理和机器学习的场地污染风险管控与修复方案推荐系统构建技术[J].环境工程技术学报,2020,10(6):1012-1021.
 [10] 邱贝贝.T市污水处理厂PPP项目风险管理研究[D].合肥:安徽建筑大学,2022.
 [11] 刘良培.PPP模式下城市基础设施项目风险分担研究[D].南宁:广西大学,2018.
 [12] 程瑶.我国基础设施PPP项目中的风险分担问题研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2017.
 [13] 徐祥.准经营性PPP项目回报机制研究[D].成都:西南财经大学,2017.
 [14] 赵庆华,王子元.基于SNA+MCS的地下综合管廊PPP项目关键风险识别与量化分析[J].土木工程与管理学报,2022,39(3):75-81.
 [15] 孙丽.蔚汾河岚县水域综合治理项目风险评估与管控研究[D].太原:太原理工大学,2020.
 [16] SURESH C.尼泊尔山区耕地撂荒的社会与生态环境风险研究[D].北京:中国科学院大学,2020.
 [17] 徐永顺.公租房PPP项目风险管理研究[D].长春:吉林大学,2016.
 [18] 王敬尧,郑鹏.中央政府介入地方合作的类型、行为及其治理逻辑[J].南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学),2022,59(4):77-91,162.

表5 全生命周期风险评价指标权重

准则层	指标层	立项	建设	运维	移交	综合权重
政策风险R ₁	R ₁₁	0.0463	0.0463	0.0463	0.0463	0.1853
	R ₁₂	0.0468	0.0468			0.0936
	R ₁₃	0.0497				0.0497
技术风险R ₂	R ₂₁	0.0215	0.0215			0.0429
	R ₂₂		0.0256			0.0256
	R ₂₃		0.0121			0.0121
管理风险R ₃	R ₃₁	0.0314		0.0314		0.0628
	R ₃₂	0.0120	0.0120	0.0120		0.0360
	R ₃₃			0.0203		0.0203
市场风险R ₄	R ₄₁	0.0470		0.0470		0.0940
	R ₄₂	0.0239		0.0239		0.0478
	R ₄₃	0.0128		0.0128		0.0255
信用风险R ₅	R ₅₁	0.0305	0.0305	0.0305	0.0305	0.1220
	R ₅₂		0.0245	0.0245	0.0245	0.0736
	R ₅₃		0.0120	0.0120	0.0120	0.0360
环境风险R ₆	R ₆₁		0.0128	0.0128	0.0128	0.0385
	R ₆₂		0.0074	0.0074	0.0074	0.0223
	R ₆₃		0.0031	0.0031	0.0031	0.0122
生命周期综合权重		0.3249	0.2545	0.2840	0.1366	1.0000

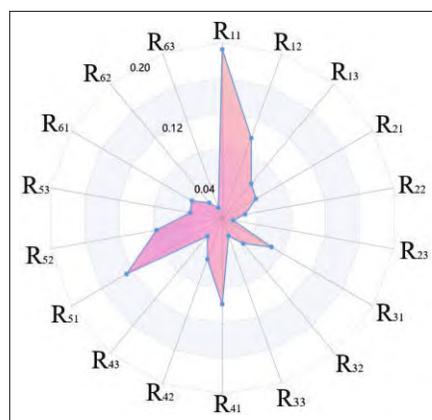


图5 各指标综合权重分布图

- [19] 陈雯, 杨柳青, 张鹏, 等. 长三角区域合作类型、障碍和治理路径[J]. 城市规划, 2021, 45(3): 15-20.
- [20] 赵维树, 张禾伟. 无废城市 PPP 项目风险识别与分担研究[J]. 安徽建筑大学学报, 2022, 30(3): 97-104.
- [21] 武杨凯. 城镇水环境治理 PPP 项目投资风险评价与态势判定研究[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2019.
- [22] 丘栋. PPP 模式下政府风险管理问题研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [23] 吴建忠, 詹圣泽, 陈继. PPP 融资与运营模式创新研究: 以荔榕高速“PPP+EPC+运营期政府补贴”模式为例[J]. 工业技术经济, 2018, 37(1): 49-56.
- [24] 王志刚, 郭雪萌. PPP 项目风险识别与化解: 基于不完全契约视角[J]. 改革, 2018(6): 89-96.
- [25] 杨琳, 王嘉君. 基于复杂网络模型的城市综合管廊 PPP 项目风险传递过程研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2020, 54(9): 1666-1676.
- [26] 宁靓, 赵立波. 基于民营资本视角的 PPP 项目风险因素识别及量化研究[J]. 学习论坛, 2018, 34(1): 65-70.
- [27] 王连月, 陈证, 曲荣荣. 基于 COWA-DEMATEL 新型农村社区住房建设项目风险识别[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2022, 34(3): 227-233.
- [28] 开庆, 窦永香, 王天宇. 生命周期视角下美国国防部高级研究计划局颠覆性创新项目管理机制研究[J]. 科技管理研究, 2022, 42(15): 1-8.
- [29] 何清华, 杨德磊, 罗岚, 等. 基于贝叶斯网络的大型复杂工程项目群进度风险分析[J]. 软科学, 2016, 30(4): 120-126, 139.
- [30] 娄燕妮, 孙洁, 李秀婷, 等. 基于 SNA 的交通领域 PPP 项目利益相关者风险传染研究: 以刺桐大桥为例[J]. 财政研究, 2018(2): 52-63, 120.
- [31] 敖慧, 朱茜, 朱玉洁. 农村基础设施 PPP 项目的风险分担[J]. 统计与决策, 2020, 36(8): 173-176.
- [32] 肖艳艳. 烟台栖霞净水厂建设工程项目风险管理研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2021.
- [33] 刘欢. PPP 模式下污水项目投资风险动态管理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [34] 吕臣, 林汉川. 对外大型公共投资项目的动态监测与决策体系[J]. 改革, 2016(5): 89-100.
- [35] 秦成新, 李志一, 荣易, 等. 面向管理决策的标准化流域水环境模型评估验证技术框架研究[J]. 中国环境管理, 2021, 13(1): 101-111.
- [36] 肖梦黎, 陈肇新. 突发公共危机治理中的风险沟通模式: 基于专家知识与民众认知差异的视角[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2021, 74(6): 115-125.
- [37] 叶米婷. SG 集团供应链金融服务风险管理研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.
- [38] 姚丹靖, 金颖, 汪雅琼, 等. 财务共享中心模式下的内控深化建设与实施应用[J]. 华东电力, 2014, 42(9): 1902-1906.
- [39] 陈通, 杜泽超, 姚德利. 基于 PPP 视角的公共项目风险因素重要性调查分析[J]. 山东社会科学, 2011(11): 127-130.
- [40] 宋华, 黄千员, 杨雨东. 金融导向和供应链导向的供应链金融对企业绩效的影响[J]. 管理学报, 2021, 18(5): 760-768.
- [41] 许诺, 袁潮清. 基于投资组合理论的商业银行信贷业务运营效率研究[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(7): 1643-1650.
- [42] 戴同. 基于 VFM 的多主体参与污水处理 PPP 项目合作决策模型研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2021.
- [43] 梁晴雪. 基础设施 PPP 项目在谈判中的风险分担与评价研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2020.
- [44] 杜亚灵, 凌美鲜. 污水处理 PPP 项目中市场需求变化风险共担的实现[J]. 建筑经济, 2020, 41(2): 50-55.
- [45] 赵进东. 基于 PPP 模式下的公租房租金定价机制研究[J]. 技术经济与管理研究, 2017(12): 84-88.
- [46] 刘晓. 基于案例的公路 PPP 项目风险分析[J]. 交通世界, 2017(18): 10-13.
- [47] 河南省财政学会课题组, 胡兴旺, 项勇, 李俊杰, 等. PPP 项目实施中的难点与对策研究[J]. 财政科学, 2016(12): 117-133.
- [48] 苗菁. PPP 项目全生命周期政府寻租行为规制研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2018.
- [49] 何佰洲, 刘晨. 国外 PPP 模式之借鉴研究[J]. 价值工程, 2016, 35(30): 226-230.
- [50] 程一鸣, 徐杰明, 闵雪, 等. 政府和社会资本合作(PPP)项目融资问题研究: 以华东某省部分落地项目为例[J]. 金融理论与实践, 2020(7): 51-58.
- [51] 廖晔. PPP 项目政府信用风险管理研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2019.
- [52] 李基凯. PPP 项目中政府信用风险影响因素研究[J]. 项目管理技术, 2018(5): 35-40.
- [53] 李婷. 基于案例的 PPP 项目政府信用风险研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2016(8): 15-19.
- [54] 简迎辉, 崔志鹏. 基于 Fuzzy-DEMATEL 的水环境治理 PPP 项目风险因素分析[J]. 水利经济, 2021, 39(3): 62-68, 87-88.
- [55] 江小燕, 闫碧琼, 于竞宇, 等. 基于 ISM-fuzzy MICMAC 方法的 PPP 项目关键风险层级关系识别[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 35(6): 70-77.
- [56] 司孟慧, 许诗源, 胡晓静. 地方政府 ESG 信用评级体系研究: 基于可持续发展理念[J]. 征信, 2022, 40(6): 9-17.
- [57] 毕卿. 交通基础设施 BT 融资模式信用风险研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [58] 毕卿, 胡昊, 徐峰. 基于 VaR 模型的 BT 项目回购方信用风险量化研究[J]. 建筑经济, 2015, 36(1): 48-51.
- [59] 鲁仕宝, 黄强, 王义民, 等. 农业水利基础设施建设投资主体的信用风险评估[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1299-1304.
- [60] 齐东东. 公共设施 PPP 项目融资的风险识别与评估[J]. 建筑与预算, 2021(9): 59-61.
- [61] 吴佳慧. T 市地铁 2 号线 PPP 项目融资风险评价研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2021.
- [62] 黄琬玢. HY 市污水处理厂 PPP 项目风险管理研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2018.
- [63] 冯钰婷. 交通基础设施建设 PPP 模式风险识别与评价研究: 以 X 城市轨道交通为例[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [64] 杜亚灵, 查彤彤, 刘丹. 兼顾原则性与灵活性的 PPP 项目风险分担[J]. 工程管理学报, 2020, 34(2): 112-116.
- [65] 张玉磊. 重大决策的社会稳定风险及其形成机理: 研究重大决策的新视角[J]. 中共宁波市委党校学报, 2018, 40(6): 65-74.
- [66] 赵丽娟, 宋赫, 赵佳红, 等. 基于 SCL 的建设项目建设期社会稳定风险分析[C]//2016 中国环境科学学会学术年会论文集(第 1 卷), 2016: 670-675.
- [67] 陈振东. PPP 项目的利益相关者社会风险认知与决策行为研究[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [68] 王艳伟, 李书鹏, 康绍果, 等. 中国工业污染场地修复发展状况分析[J]. 环境工程, 2017, 35(10): 175-178.
- [69] 马妍, 董战峰, 杜晓明, 等. 构建我国土壤污染修复治理长效机制的思考与建议[J]. 环境保护, 2015, 43(12): 53-56.
- [70] MOORE M A, BOARDMAN A E, VINING A R. Analyzing risk in PPP provision of utility services: a social welfare perspective[J]. Utilities policy, 2017, 48: 210-218.
- [71] 亓滨滨. 李克特量表的统计学分析与模糊综合评判[J]. 山东科学, 2006(2): 18-23, 28.
- [72] 王萌. 工业遗存治理性再利用方法研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2016.